

# LIGHT WAVELENGTH MULTIPLEX COMMUNICATION EQUIPMENT

**Patent number:** JP7336301  
**Publication date:** 1995-12-22  
**Inventor:** TAGA HIDENORI; others: 04  
**Applicant:** KOKUSAI DENSHIN DENWA CO LTD  
**Classification:**  
 - International: H04B10/02; H04B10/18; G02F1/35  
 - european:  
**Application number:** JP19940145812 19940606  
**Priority number(s):**

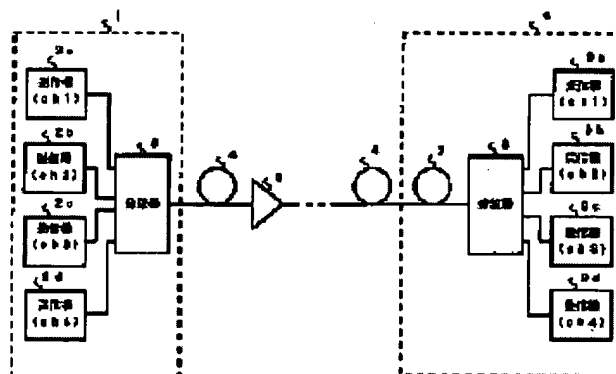
Also published as:

 US5559910 (A1)

## Abstract of JP7336301

**PURPOSE:** To provide a light wavelength multiplex communication equipment with improved transmission characteristics by optimizing degradation due to the four light quantum mixing of wavelength multiplex signals and the degradation due to wavelength dispersion.

**CONSTITUTION:** A wavelength multiplex transmission terminal station 1 is constituted of the four transmitters 2a-2d of channels 1-4 and a multiplexer 3. Also, a wavelength multiplex reception terminal station 6 is constituted of an optical fiber 7 for equalization, a demultiplexer 8 and the four receivers 9a-9d of the channels 1-4. The wavelength multiplex transmission terminal station 1 and the wavelength multiplex reception terminal station 6 are connected by the optical fiber 4 for transmission and a light amplifier 5. The wavelengths  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$ , and  $\lambda_4$  of optical signals outputted from the transmitters 2a-2d are designed so as to be entirely on a short wavelength side to the average zero dispersion wavelength  $\lambda_0$  of the entire transmission line. Thus, the degradation due to the four light quantum mixing of the wavelength multiplexed signals is reduced. The optical fiber 7 for the equalization compensates the wavelength dispersion.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平7-336301

(43) 公開日 平成7年(1995)12月22日

(51) Int.Cl. <sup>6</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 4 B 10/02				
10/18				
G 0 2 F 1/35				
			H 0 4 B 9/ 00	M
			審査請求	未請求 請求項の数 5 F D (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平6-145812

(22) 出願日 平成6年(1994)6月6日

(71) 出願人 000001214

国際電信電話株式会社  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号

(72) 発明者 多賀 秀徳

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 枝川 登

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72) 発明者 山本 周

東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 田中 香樹 (外2名)

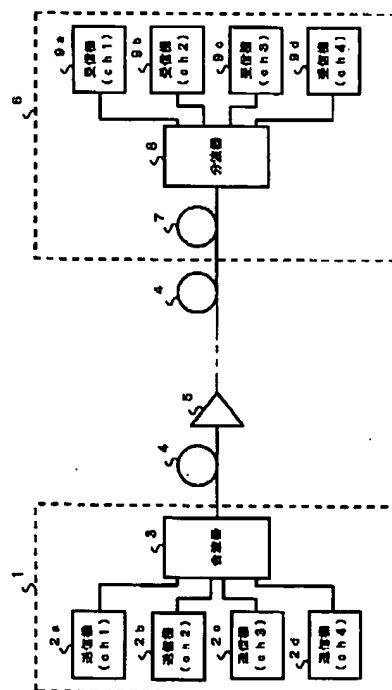
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光波長多重通信装置

(57) 【要約】

【目的】 波長多重信号の四光子混合による劣化と波長分散による劣化を最適化し、伝送特性の良好な光波長多重通信装置を提供すること。

【構成】 波長多重送信端局1は、チャンネル1～4の4個の送信機2a～2dと、合波器3から構成されている。また、波長多重受信端局6は、等化用光ファイバ7と、分波器8と、チャンネル1～4の4個の受信機9a～9dとから構成されている。前記波長多重送信端局1と波長多重受信端局6との間は、伝送用光ファイバ4と光増幅器5とにより接続されている。送信機2a～2dから出力される光信号の波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ および $\lambda_4$ は伝送路全体の平均零分散波長 $\lambda_0$ に対しすべて短波長側にくるように設計されている。このため、波長多重信号の四光子混合による劣化を軽減できる。等化用光ファイバ7は波長分散を補償する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 波長多重光信号を送信する送信装置と、  
該送信装置より送信された波長多重光信号を受信する受

信装置と、  
該送信装置と該受信装置をつなぐ光ファイバと、  
該光ファイバに挿入された光増幅を行う光中継器とを備

え、  
該送信装置から送信される波長多重信号の各光信号波長  
が該光ファイバと該光中継器との全体の平均零分散波長  
と異なることにより生じる波長分散劣化を反対符号の波  
長分散により等化する分散媒質が該送信装置と該受信装  
置との間に挿入され、

該各光信号波長が、該光ファイバと該中継器と該分散媒  
質とから構成される光伝送路の全体の平均零分散波長に  
対し、全て短波長側、もしくは全て長波長側となってい  
ることを特徴とする光波長多重通信装置。

【請求項2】 前記光ファイバの波長分散が、前記各光  
信号波長において、負となっていることを特徴とする請\*

$$0 < D_{\lambda_1} \leq 50000/B^2 \dots\dots (1)$$

$$-30000/B^2 \leq D_{\lambda_2} \leq +30000/B^2 \dots\dots (2)$$

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は光ファイバ通信装置に関  
し、特に、伝送容量を増大させることが可能な、光波長  
多重信号を用いた光ファイバ通信装置に関するものであ  
る。

## 【0002】

【従来の技術】 光波長多重信号を利用する光ファイバ通  
信装置は、伝送路に変更を加えずにその伝送容量を増大  
させることが可能であることから、将来の基幹光ファイ  
バ通信システムへの適用が期待される技術である。通常  
の光ファイバ通信システム、例えば光増幅器を光中継器  
として用いた光ファイバ通信システムに光波長多重信号  
を利用する場合には、通常の光ファイバ通信システムに  
おける劣化要因（たとえば、光ファイバの波長分散によ  
る光信号波形劣化、光増幅器の光雑音の累積による光信  
号対雑音比劣化、光ファイバの非線形性に基づく劣化）  
のほかに、別の要因（異なる波長の光信号間に発生する  
クロストークによる劣化、信号波長間の四光子混合によ  
る劣化）が存在し、システムの特性、すなわち最大伝送  
可能距離および最大多重化可能信号数等が制限される。  
ここに、信号波長間の四光子混合による劣化とは、例え  
ば、多重される二つの信号光の周波数が  $f_1$ 、 $f_2$  ( $f_1 < f_2$ )  
であった場合、該二周波のミキシングにより  $f_1 - (f_2 - f_1)$ 、 $f_2 + (f_2 - f_1)$  の周波数  
の光が発生し、ミキシングにより発生した光と信号光と  
の干渉により劣化が惹起される減少を言う。

【0003】 特に、光増幅器を光中継器として用いた  
1,000 km程度以上の長距離の光波長多重通信シス  
テムにおいては、四光子混合の影響がシステムの制限要

## \* 請求1記載の光波長多重通信装置。

【請求項3】 前記分散媒質が、前記各光信号波長が前  
記光ファイバと前記中継器との全体の平均零分散波長と  
異なることにより生じる波長分散を等化する反対符号の  
波長分散をもった、全伝送距離に比べて十分短い等化用  
ファイバで構成されたことを特徴とする光波長多重通信  
装置。

【請求項4】 前記等化用ファイバを、前記送信装置を  
有する送信端局もしくは前記受信端局もしくはその両局  
に設置したことを特徴とする請求項3記載の光波長多重  
通信装置。

【請求項5】 前記分散媒質の波長分散量の絶対値  $D_{\lambda_1}$  (ps/nm) が、全等化点において伝送路のビット  
レート  $B$  (Gbps) の関数として式(1)を満足  
し、かつ等化後の残留波長分散量  $D_{\lambda_2}$  (ps/nm)  
が全ての信号波長で式(2)を満足することを特徴とす  
る光波長多重通信装置。

因として支配的になる。なぜなら、四光子混合の発生効  
率は、四光子混合の発生にかかわる各信号の光強度に比  
例し、光信号の伝送媒体である光ファイバの波長分散の  
絶対値に反比例する上に（参考文献：N. Shibata et. a  
l., Electronics Letters, vol. 24, pp.1528-1529, 198  
8）、光増幅器を多中継するような伝送路においては各  
中継区間で発生する四光子混合が加算されて累積して増  
大するからである。

【0004】 したがって、光ファイバの波長分散による  
光信号波形劣化を最小化して光信号の伝送速度を上げる  
ために、伝送用光ファイバの波長分散の絶対値が使用す  
る光信号の波長帯においてほとんど零となるように設計  
された将来の光ファイバ通信システムにおいては、光波  
長多重信号を伝送することにより発生する四光子混合に  
よる劣化は、他の劣化要因よりも支配的になると考えら  
れる。

【0005】 四光子混合による劣化をおさえるために  
は、波長多重信号光の信号波長と伝送路の零分散波長と  
を離す必要がある。このような例として、波長多重シス  
テムの設計法が提案されている（参考文献：石川他、1  
994年電子情報通信学会春期全国大会S B-8-  
6）。この方法では、波長多重信号光の信号波長と伝送  
路の零分散波長との離間で生じる波長分散による信号波  
形劣化を、分散補償器で補償することにより低減してい  
る。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、この従  
来方式では、各信号光の信号波長を光増幅器の利得帯域  
幅等から特定のシステム長において決定しており、シス  
テム長の変更に対応できないという問題があった。

【0007】本発明の目的は、前記した従来技術の問題点を除去し、システム長にかかわらず有効である波長多重通信装置の設計指針を提供しようとするものであり、波長多重信号の四光子混合による劣化と波長分散による劣化を最適化し、伝送特性の良好な光波長多重通信装置を提供しようとするものである。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記した目的を達成するために、請求項1の発明は、波長多重光信号を送信する送信装置と、該送信装置より送信された波長多重光信号を受信する受信装置と、該送信装置と該受信装置をつなぐ光ファイバと、該光ファイバに挿入された光増幅を行う光中継器とを備え、該送信装置から送信される波長多重信号の各光信号波長が該光ファイバと該光中継器との全体の平均零分散波長と異なることにより生じる波長分散劣化を反対符号の波長分散により等化する分散媒質が該送信装置と該受信装置との間に挿入され、該各光信号波長が、該光ファイバと該中継器と該分散媒質とから構成される光伝送路の全体の平均零分散波長に対し、全て\*

$$0 < D_{s,i} \leq 50000/B^2 \dots (1)$$

$$-30000/B^2 \leq D_{r,i} \leq +30000/B^2 \dots (2)$$

【0012】

【作用】請求項1の発明によれば、波長多重信号の光信号波長が該伝送路全体の平均零分散波長に対し全て短波長側もしくは全て長波長側にあるので、四光子混合発生の必要条件である位相整合を満たさないようにすることができ、四光子混合の発生を減少させる効果がある。また、長距離の伝送によって各信号波長が被る波形劣化は、全て同様の傾向をもった劣化となるので、分散等化により伝送用光ファイバの波長分散と非線形性の相互作用に基づく波形劣化が緩和され、光信号伝送特性を容易に改善することができるようになる。

【0013】請求項2の発明によれば、光伝送路の全伝送距離において、信号波長と光ファイバの零分散波長とを大きく離間させることができるため、四光子混合の発生を大きく抑圧でき、伝送特性の改善を大いに図ることができる。

【0014】請求項3の発明によれば、信号波長が伝送路全体の平均零分散波長と異なることにより生じる波長分散を、全伝送距離に比べて十分短い等化用光ファイバケーブルを使用することにより伝送路中で等化することができる。

【0015】請求項4の発明によれば、前記等化用光ファイバケーブルを、送信端局もしくは前記受信端局もしくはその両局に設置すればよく、システムの敷設および保守が容易になるという利点がある。

【0016】さらに、請求項5の発明によれば、式(1)、(2)を満足するように、光波長多重信号を伝送する光通信システムを設計することにより、波長多重信号の四光子混合による劣化と波長分散による劣化を最

\*短波長側、もしくは全て長波長側とした点に特徴がある。

【0009】また、請求項2の発明は、前記光ファイバの波長分散を、前記各光信号波長において、負とした点に特徴がある。

【0010】また、請求項3の発明は、前記分散媒質を、前記各光信号波長が前記光ファイバと前記中継器との全体の平均零分散波長と異なることにより生じる波長分散を等化する反対符号の波長分散をもった、全伝送距離に比べて十分短い等化用ファイバで構成した点、請求項4の発明は、前記等化用ファイバを、前記送信装置を有する送信端局もしくは前記受信端局もしくはその両局に設置した点に特徴がある。

【0011】さらに、請求項5の発明は、前記分散媒質の波長分散量の絶対値  $D_{s,i}$  ( $\text{ps/nm}$ ) が全等化点において伝送路のビットレート  $B$  ( $\text{Gbps}$ ) の関数として式(1)を満足し、かつ等化後の残留波長分散量  $D_{r,i}$  ( $\text{ps/nm}$ ) が全ての信号波長で式(2)を満足するようにした点に特徴がある。

適化した、伝送特性の良好な光波長多重通信装置を提供することができる。

【0017】

【実施例】以下に、図面を参照して、本発明を詳細に説明する。図1は本発明の一実施例を説明するための光波長多重通信装置の一例を示す構成図である。

【0018】図において、波長多重送信端局1は、チャンネル1~4の4個の送信機2a~2dと、合波器3からなる送信装置より構成されている。また、波長多重受信端局6は、等化用光ファイバ7と、分波器8と、チャンネル1~4の4個の受信機9a~9dとからなる受信装置より構成されている。前記波長多重送信端局1と波長多重受信端局6との間は、伝送用光ファイバ4と光増幅器5とにより接続されている。光増幅器5は伝送用光ファイバ4中を伝送されてきた信号光を中継増幅する働きをする。前記等化用光ファイバ7は、全伝送路の距離に比べて、十分に短い長さを有している。

【0019】前記チャンネル1~4の4個の送信機2a~2dが、光信号波長  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$  および  $\lambda_4$  の信号光を出力するものとする、本実施例では、図2に示されているように、該光信号波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  は伝送路全体の平均零分散波長  $\lambda_0$  に対しすべて短波長側にくるように設計されている。なお、本発明はこれに限定されず、該波長多重信号の光信号波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  の全てを、伝送路全体の平均零分散波長  $\lambda_0$  に対し長波長側に配置されるように設計してもよいことは勿論である。ここに、図2の横軸は、波長多重信号の光信号波長を示す。

【0020】本実施例では、図示されているように、波長多重信号の光信号波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  が伝送路全体の平均

零分散波長 $\lambda_0$ 。に対し全て短波長側または長波長側に配置されているので、位相整合を満たさないようにする効果があり、四光子混合の発生を減少させることができるという効果がある。

【0021】その理由は、次の通りである。四光子混合の発生効率、四光子混合にかかわる信号光の位相整合により影響される。2つの信号光の波長分散の絶対値が異なる場合には位相整合条件は満たされないが、絶対値が等しくなると群遅延が等しくなるために位相整合条件が満足されるので四光子混合の発生効率が増大する。したがって、波長多重信号の光信号波長が伝送路全体の平均零分散波長に対し両側に配置されている場合には、四光子混合が発生しやすくなり伝送特性がより大きく劣化することになる。

【0022】また、本発明では、前記のように、前記光信号波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ が伝送路全体の平均零分散波長 $\lambda_0$ 。に対し、すべてが短波長側または長波長側にくるように設計されているため、長距離の伝送によって各信号波長が被る波形劣化は、全て同様の傾向をもった劣化となるので、伝送用光ファイバ4の波長分散と非線形性の相互作用に基づく波形劣化が緩和され、光信号伝送特性を容易に改善することができるようになる。

【0023】その理由は次の通りである。伝送用光ファイバ4の波長分散と非線形性の相互作用に基づく波形劣化は、光ファイバの零分散波長に対し短波長側と長波長側で異なる。短波長側ではパルスが広がる傾向があり、長波長側ではソリトン効果によりパルスが圧縮される。そのため、波長多重信号の光信号波長が伝送路全体の平\*

$$0 < D_{\text{eq}} \leq 50000/B^2 \quad \dots\dots (1)$$

$$-30000/B^2 \leq D_{\text{eq}} \leq +30000/B^2 \quad \dots\dots (2)$$

いま、図1の光波長多重通信装置において、波長多重送信端局1から波長多重受信端局6へ、チャンネル1~4の波長多重信号が送信されるとすると、波長多重受信端局6の入力端における各信号波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の累積波長分散量は図3に示されているようになる。すなわち、等化前における累積波長分散量は負の値となるが、その絶対値は零分散波長から最も離れているチャンネル1が最大で、チャンネル4が最小となる。

【0027】次に、等化後においては、全ての信号波長において前記式(2)を満足しなくてはならないので、図4(A)に示されているように、最小の等化量はチャンネル1における残留波長分散量が $-30000/B^2$ 以上になる場合となる。換言すれば、同図(A)のハッチングを施した分散量だけ等化すれば、等化後の残留波長分散量 $D_{\text{res}}$  (ps/nm) (図の白抜きの部分)が※

$$B^2 L = \pi c / 2 \lambda^2 D (2(\alpha^2 + 1)^{1/2} + 2\alpha) \quad \dots\dots (3)$$

式(3)において、 $c$ は真空中の光速、 $\lambda$ は信号光源の波長、 $\alpha$ は光送信機の線増大係数を示す。式(3)から許容可能な波長分散量 $D \times L$ の制限がビットレート $B$ の関数として得られるが、その値は式(1)、(2)の

\*均零分散波長 $\lambda_0$ 。に対しすべて短波長側もしくはすべて長波長側に配置されている場合には、各信号波長が被る波形劣化は全て同様の傾向性を持った劣化となる。

【0024】この場合さらに、送信端、受信端、中継途上、あるいはその組み合わせで累積波長分散を等化する事を考えると、波長分散等化による光波形の変化の傾向は各信号波長において全て同様となる。その結果、前記累積波長分散の等化により光ファイバの波長分散と非線形性の相互作用に基づく波形劣化が緩和され、波長多重信号の伝送特性が改善される。なお、波長多重信号の光信号波長が伝送路の零分散波長の両側にまたがって配置されている場合には、光波形の変化の傾向が異なるため、送信端、受信端、中継途上、あるいはその組み合わせで等化する場合の効果は異なり、短波長側もしくは長波長側の片側では伝送特性が改善されるが、反対側ではかえって劣化してしまうことになる。

【0025】さらに、本実施例では、波長多重信号の光信号波長を伝送路の零分散波長に対し、全て短波長側もしくは全て長波長側に配置するだけでなく、信号波長と零分散波長の相違により生じた累積波長分散を、それと反対符号の分散により等化するようにした点に特徴がある。この場合、本発明者は、等化する分散量の絶対値 $D_{\text{eq}}$  (ps/nm)が、全等化点において式(1)に従い、かつ等化後の残留波長分散量 $D_{\text{res}}$  (ps/nm)が全ての信号波長で式(2)を満足する場合には劣化が非常に少なくなることを、実験により見出した。

【0026】

※全ての信号波長で式(2)を満足するようになる。同様に、最大の等化量は、同図(B)に示されているように、チャンネル4における残留波長分散量が $+30000/B^2$ 以下になる場合となる。

【0028】さらに、等化に用いる分散媒質の分散量(図4(A)、(B)において、ハッチングを施した部分)の絶対値 $D_{\text{eq}}$  (ps/nm)は、式(1)を満足しなければならない。

【0029】式(1)、(2)の制限は各種の実験より得た実験値を基にしているが、波長分散による波形劣化から生じる光信号伝送可能距離 $L$ の制限は、下記の式(3)で与えられることが知られている(参考文献:F. Koyama et al., IEEE J. of Lightwave Technol., vol. 1, LT-6, pp. 87-93)。

制限とほぼ等しくなるので、式(1)、(2)は理論的にも妥当な値であると言える。

【0030】次に、本発明を実施した場合の実験例を、以下に説明する。図5は、該実験に使用した光波長多重

通信装置の一例を示す構成図である。この実験例は、2つのチャンネルを用いて構成したものであり、図中の符号は、図1の符号と同一または同等物を示す。

【0031】さて、本実験例では、伝送用光ファイバ4の平均零分散波長及び光増幅器5の最大利得波長は1558nmに設定されている。伝送用光ファイバ4を構成する個々の分散シフト光ファイバの零分散波長は、連続する区間で同一のものがないように、換言すれば、ある全体に比べて短い区間で見た場合には、累積波長分散量は零ではないが、伝送路全体としてみると累積波長分散が零になるように、適度にミキシングされている。伝送用光ファイバ4は全16区間で1600km、光増幅器5は全部で15台使用する。チャンネル1の信号波長は1553nm、チャンネル2の信号波長は1556nmに設定する。伝送速度は10Gbpsである。

【0032】等化用光ファイバ7としては、27km長の通常分散ファイバを使用した。等化用光ファイバ7の有する波長分散量は約+490ps/nmであり、前記式(1)の条件を満足している。等化後のチャンネル1、2における残留波長分散量はそれぞれ約-80ps/nm、約+240ps/nmであるので、前記式(2)を満足している。

【0033】受信端局6に等化用光ファイバ7がある場合とない場合の、チャンネル1の伝送後の符号誤り率特性を図6に示す。等化用光ファイバ7がない場合には、曲線aで示すように、符号誤り率が $10^{-6}$ 程度以下にならず、伝送特性の規定値である $10^{-9}$ の誤り率が達成できないが、等化用光ファイバ7を挿入した場合には、曲線bで示すように、その挿入効果により、 $10^{-9}$ 以下の符号誤り率が達成できるようになる。

【0034】次に、受信端局6に等化用光ファイバ7がある場合とない場合の、チャンネル2の伝送後の符号誤り率特性を図7に示す。チャンネル2においては、同図の曲線aに示されているように、等化用光ファイバ7がない場合にも伝送特性の規定値である $10^{-9}$ の誤り率が達成されているが、等化用光ファイバ7を挿入すると、曲線bから明らかなように、その挿入効果により、さらに特性が改善される。これは等化用光ファイバ7の挿入により光パルス圧縮の効果が発生し、パルスの符号間干渉の効果が抑圧されたためである。

【0035】図8にチャンネル2の等化用光ファイバ7の有無による光アイ波形の相違を示す。等化用光ファイバを挿入しない場合には、同図(A)に示されているように、波長分散の影響により光パルス広がりが発生し中心部のアイが丸くなってしまっているため、パルス間に符号間干渉が発生し伝送特性を劣化させている。しかしながら、等化用光ファイバ7を挿入した場合には、同図(B)に示されているように、等化用光ファイバの挿入により光パルスが圧縮し、先鋭的なパルスになったために中心部のアイが台形状で大きく開いているため、パル

ス間の符号間干渉が抑圧され伝送特性が改善されたことがわかる。

【0036】次に、本発明の第2実施例を、図9および図10を参照して説明する。図9は、該第2実施例の累積波長分散の距離に対する変化を示す。前記実験例では累積波長分散が平均でゼロになるように光ファイバが配置されていたが、本実施例では伝送路の全伝送距離の大部分において累積波長分散が負にあり、前記式(1)、

(2)の制限を越えない程度まで累積したところで全伝送距離に比べて十分短い正分散光ファイバで累積波長分散を等化するように配置されている。

【0037】図10に、本実施例における波長多重信号波長と光ファイバの零分散波長の関係を図示する。伝送路の全伝送距離において信号波長と光ファイバの零分散波長が大きく離間しているため、四光子混合の発生がさらに抑圧され、伝送特性が改善される。

【0038】

【発明の効果】請求項1~5の発明によれば、波長多重信号の四光子混合による劣化と波長分散による劣化を最適化した、伝送特性の良好な光波長多重通信装置を提供することができる。また、システム長にかかわらず有効である波長多重通信装置の設計指針を提供することができる。

【0039】また、本発明により、光波長多重信号を用いた光通信システムの伝送特性が著しく改善されるので、光波長多重信号通信装置を構築する上で本発明の効果は極めて大きい。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の光波長多重信号通信装置の構成を示すブロック図である。

【図2】 各光信号チャンネルの信号波長とシステムの零分散波長との関係を示す図である。

【図3】 等化用光ファイバを挿入する前の各チャンネルにおける累積波長分散量を示す図である。

【図4】 等化用光ファイバとして最小限の波長分散量を挿入した場合における各チャンネル等化後の累積波長分散量と、等化用光ファイバとして最大限の波長分散量を挿入した場合における各チャンネル等化後の累積波長分散量とを示す図である。

【図5】 本発明の実験例として使用した光波長多重信号通信装置の構成例のブロック図である。

【図6】 本発明の実験例のチャンネル1の符号誤り率特性を測定した例を示す図である。

【図7】 本発明の実験例のチャンネル2の符号誤り率特性を測定した例を示す図である。

【図8】 本発明の実験例のチャンネル2の等化用光ファイバがない場合の光アイ波形と、該等化用光ファイバがある場合の光アイ波形を測定した例を示す図である。

【図9】 本発明の第2実施例の累積波長分散の距離に対する変化を説明する図である。

9

10

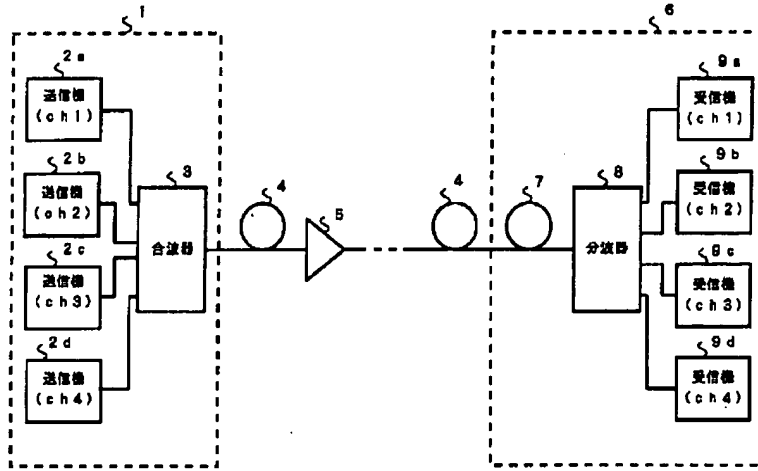
【図10】 本発明の第2実施例における信号波長と零分散波長の関係を説明する図である。

【符号の説明】

1…波長多重送信端局、2 a～2 d…送信機、3…合波

器、4…伝送用光ファイバ、5…光増幅器、6…波長多重受信端局、7…等化用光ファイバ、8…分波器、9 a～9 d…受信機9 a～9 d。

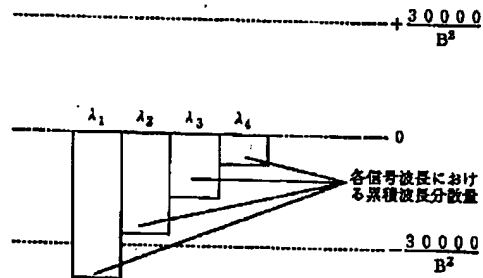
【図1】



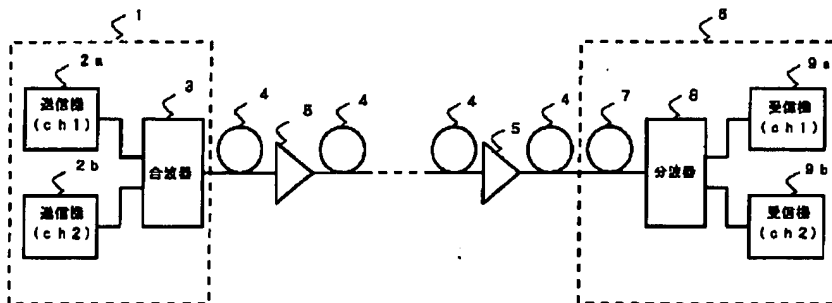
【図2】



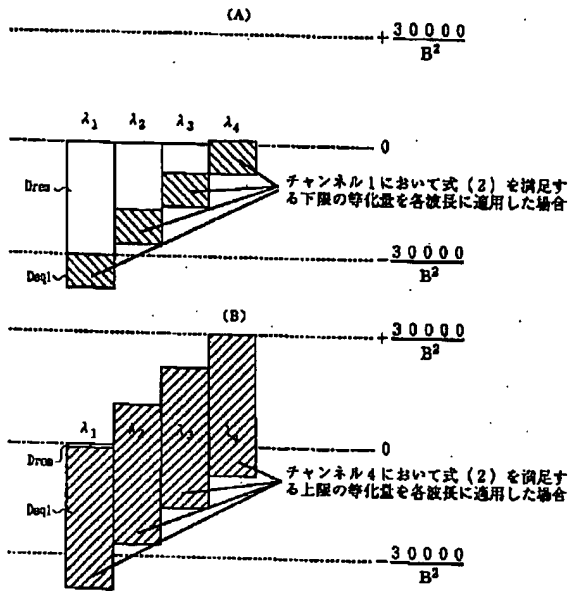
【図3】



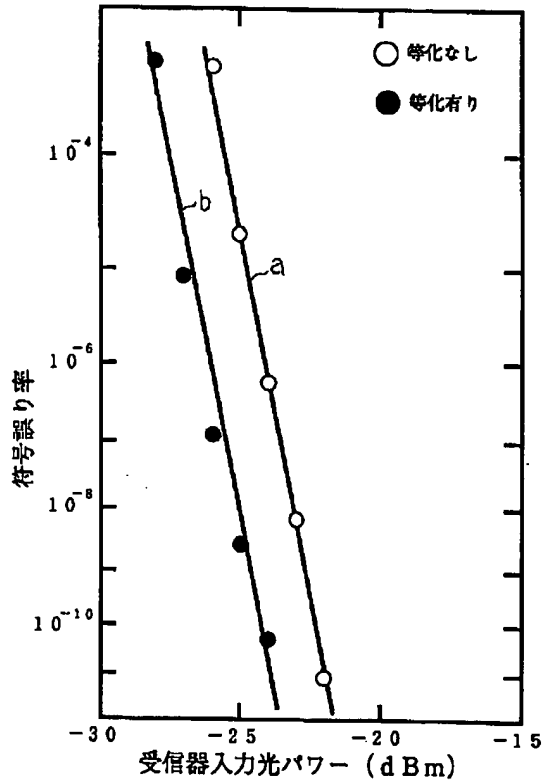
【図5】



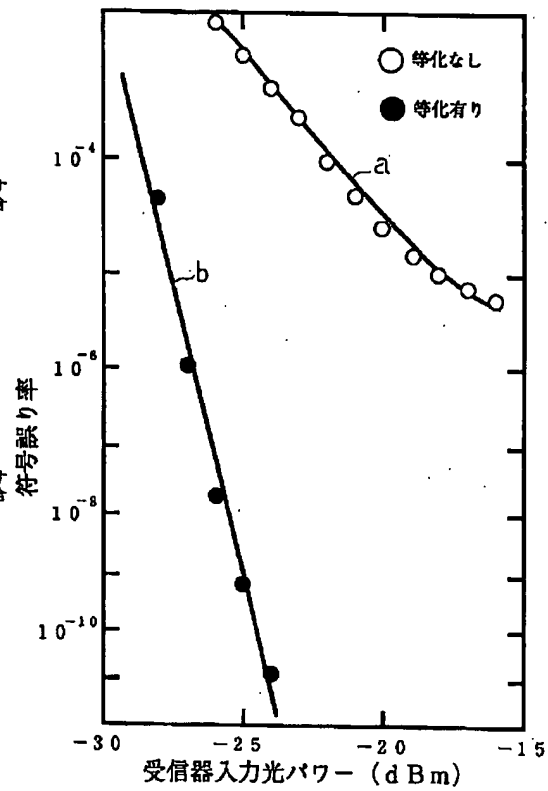
【図4】



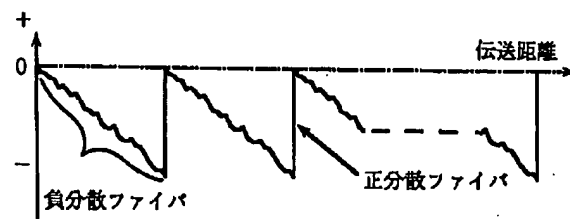
【図7】



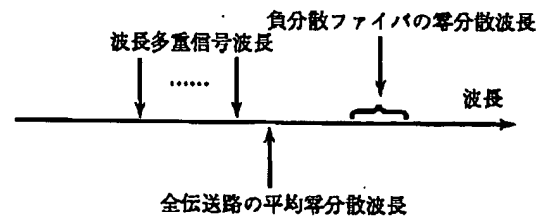
【図6】



【図9】

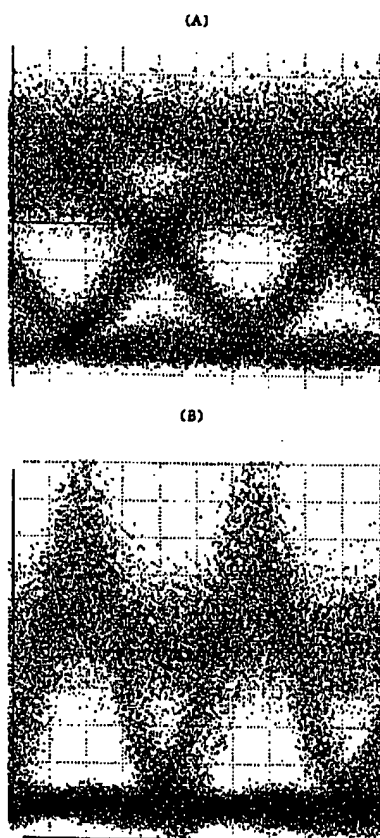


【図10】





【図8】



---

フロントページの続き

(72)発明者 武田 憲幸  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内

(72)発明者 秋葉 重幸  
東京都新宿区西新宿2丁目3番2号 国際  
電信電話株式会社内